



The Analysis of the Mental Models of Students in Grade-7 Regarding Atom Concept *

Aytekin ÇÖKELEZ¹, Sibel YALÇIN²

ABSTRACT. The aim of this study is to analyse and compare the mental models of grade-7 students concerning the atom concept before and after instruction. The study was carried out in 3 elementary schools with 217 students attending grade-7 before and 215 students attending grade-7 after instruction. The data was analysed by using word frequency counting or simple percentage counting basing on the student answers. The results of the study show that grade-7 students cannot sufficiently comprehend and visualise the structure of atom and they have various disequilibrium and misconstrue some phenomenon even though they make some progress after the training. More than half of the students thought of atoms as solid spheres before the instruction and half of the students constructed the Bohr Atomic Model that was used in the textbook to explain the structure of atom after the instruction. At the end of the instruction, only 5% of the students managed to construct the Modern Atomic Theory that is valid today. A small part of the students before the instruction and nearly half of the students after the instruction stated that atom cannot be seen. It was observed that both at the beginning and the end of the instruction, students compared the size of atom with small visible things like lentil, ant, etc.

Key Words: Science education, Model, Mental model, Atom.

SUMMARY

Purpose: The aim of this study is to analyse and compare the mental models of grade-7 students regarding atom concept before and after instruction.

Method: The study was carried out in 3 elementary schools with 217 grade-7 students before and 215 grade-7 students after instruction. The data was analysed by using word frequency counting or simple percentage counting basing on student answers. A data collection device consisting of two open-ended questions was developed to evaluate students' ideas about the structure of atom, its animism and its size and to understand whether they associate atom with any object from their everyday life. It was applied before instruction to determine students' mental models at the beginning of their construction process and it was applied after the instruction to determine students' mental models at the end of their construction process and diversity of their mental models. The data was analysed by using the descriptive analysis method.

Results: The results of the study show that grade-7 students cannot sufficiently comprehend and visualise the structure of atom and they have various disequilibrium and construct some phenomenon wrongly although they make progress after the instruction.

Discussion and conclusion: While more than half of students at the beginning of the instruction thought of atoms as solid spheres, half of the students constructed the Bohr Atomic Model that is used in the textbook to explain the structure of atom at the end of the instruction. At the end of the instruction, only 5% of students managed to construct the Modern Atomic Theory that is valid today. A small part of students at the beginning of the instruction, and nearly half of the students at the end of the instruction stated that atom cannot be seen. It was observed that both at the beginning and the end of the instruction, students compared the size of atom with small visible things like lentil, ant, etc.

* PYO.EGT.1904.10.0005 numaralı proje ile desteklenmiştir.

¹ Doç. Dr. Aytekin ÇÖKELEZ, OMÜ, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, acokelez@omu.edu.tr

² OMÜ, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı.

İlköğretim 7. Sınıf Öğrencilerinin Atom Kavramı ile İlgili Zihinsel Modellerinin İncelenmesi

ÖZ. Bu çalışmada, ilköğretim 7. sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili öğrenim öncesi ve öğrenim sonrası zihinsel modellerinin incelenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma, üç ilköğretim okulunda, öğrenim öncesi 217 ve öğrenim sonrası ise 215 ilköğretim 7. sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Toplanan veriler, öğrenci cevaplarına göre sözcük sıklık hesapları ve basit yüzde hesapları kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları, 7. sınıf öğrencilerinin öğrenim sonunda olumlu gelişmeler göstermiş olmalarına karşın, atomun yapısını yeteri kadar kavrayamadıklarını, zihinlerinde canlandıramadıklarını, çeşitli dengesizlikler yaşadıklarını ve bazı olguları yanlış yapılandırdıklarını göstermiştir. Öğrenim öncesi öğrencilerin yarıdan fazlası atomu berk küreler olarak düşünürken, öğrenim sonrası öğrencilerin yarısı zihinlerinde ders kitabında atomun yapısı anlatılırken kullanılan Bohr Atom Modeli'ni yapılandırmışlardır. Günümüzde geçerli olan Modern Atom Teorisini ise öğrenim sonrası öğrencilerin sadece %5'inin çizdiği görülmüştür. Öğrenim öncesi öğrencilerin küçük bir kısmı, sonrası ise yarıya yakını atomun görülemeyeceğini belirtmiştir. Atomun boyutunu ise öğrenim öncesi de sonrası da en çok mercimek, karınca gibi gözle görülebilen küçük şeylerle kıyasladıkları görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Fen eğitimi, Model, Zihinsel model, Atom.

GİRİŞ

Atom, fen bilimlerinin yapıtaşlarından biri olan ve gelişen bilim ve teknolojiyle önemi daha da artan bir kavramdır. Bu nedenle fen eğitiminde atom kavramının öğrenciler tarafından istenik şekilde yapılandırılmasının sağlanması gün geçtikçe fen eğitimi için daha çok önem kazanmaktadır. Kimyaya yeni başlayan birçok öğrencin atomla ilgili doğru olmayan zihinsel modellere sahiptirler (Nakhleh, 1992). Birçok öğrenci, zorluklarına karşın, ortaöğretimde kimya öğrenmek için büyük çaba sarf etmekte ancak fen eğitiminde sahip oldukları bu zihinsel modellerin etkisiyle başarılı olamamaktadır (Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010). Bu öğrenciler, temel kavramlar üzerine yapılandırılacak olan daha üst düzeydeki kimya kavramlarını tam olarak anlayamamakta ve bu nedenle anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi güçleşmektedir.

Bilimin geçmişteki ve günümüzdeki uygulamalarına bakıldığında, bilardo topları, üzümlü kek ve güneş sistemi atom modelleri; sıvı akışı elektrik akımı modeli; ışığın parçacık modeli; astronomide big bang modeli; coğrafyada levha tektoniği tektonik tabaka modeli; paleontolojide kemik parçacıklarından yapılan dinozor modelleri; popülasyon ve kalıtım çalışmalarındaki matematiksel hesaplar; ekonomi ve mühendislikteki matematiksel model örneklerinde olduğu gibi, modellerle yaygın olarak karşılaşıldığı görülmektedir (Matthews, 2007). Bilimsel bir teori ile gerçek (deneyimlenen dünya) arasında köprü görevi gören modeller (Gilbert, 2004), bu örneklerden de anlaşılabilir gibi, karmaşık bir nesne veya sürecin basitleştirilmiş temsilleridir ve bir nesnenin nasıl oluştuğunun, nasıl davranacağını ve bu sürecin nasıl geliştiğinin anlaşılmasına ve varsayımlarda bulunulmasına olanak sağlamaktadırlar (Harrison, 2001).

Zihinsel model, öğrencilerin bilişsel faaliyetleri esnasında oluşturdukları özel bir çeşit zihinsel temsildir. Zihinsel modeller, fiziksel bir olgunun nedensel açıklamasını yapmak ve fiziksel dünyanın koşulları hakkında varsayımda bulunmak için zihinsel olarak ayarlanabilen, dinamik ve üretilmiş temsillerdir (Vosniadou, 1994). Barquero (1995)'ya göre zihinsel model; örtük, tamamlanmamış, özensiz, normal bilgiyle birçok alanda bağlantısız, ancak dünya ile bireyin etkileşimi için güçlü bir yorumlayıcı ve öngörüselsel bir araç, ve bireyin kendi algısal ve çıkarımsal deneyimlerinden geldiği için de güvenilir bir bilgi kaynağı olmasından dolayı güçlü bir bilgi çeşididir. Zihinsel modellerin teknik açıdan doğru olmaları şart olmasa da fonksiyonel olmaları gerekmektedir (Harrison ve Treagust, 1996). Zihinsel modeller, temsil ettikleri sistem ya da mekanizma için olası sıradan modeller gibi, problemin gerçek durumunun “zihinsel simülasyonu” olarak düşünülebilirler. Bir zihinsel model asla

tamamlanmaz ancak yeni bir bilgi eklendiğinde büyümeye ve gelişmeye devam eder (Greca ve Moreira, 2000). Modellenmiş olan hedef sisteme ait, bireyin içsel açıklamaları olan zihinsel modeller, davranış, konuşma, yazılı açıklama ve diğer betimlemeler aracılığıyla açığa vururlar (Gobert ve Buckley, 2000). Eğer bir birey bir hedef hakkında özel ve kişisel temsili olan zihinsel modelini, davranış, konuşma veya yazma yoluyla ifade ederse, zihinsel model *ifade edilmiş model* (expressed model) olarak adlandırılabilir (Gilbert ve diğer., 1998). Bir okul sınıfı gibi herhangi bir sosyal grup, ifade edilmiş bu model üzerinde anlaşılırsa bu model *uzlaşma modeli* (consensus model) haline gelir. Bilim dallarının en yeni ve ileri aşamalarında, bir uzlaşma modeli üzerinde çalışan bilim insanlarının oluşturduğu sosyal bir grubun, Schrödinger'in atom modeli gibi, kullandıkları modellere *bilimsel model* (scientific model) denir. Bohr atom modeli gibi, yeni gelişmelerle geçersiz kılınmış olan bilimsel modeller ise *tarihsel modeller* (historical model) olarak adlandırılırlar. Öğrenmeyi kolaylaştırmak için, bilimsel ya da tarihsel modeller basitleştirilerek *öğretim programı modeli* (curricular model) halini alır. Öğretim programı modelleri ise öğrenmeye destek olmak için "atom modeli-güneş sistemi analojisi" gibi özel olarak geliştirilir ve bu modellere artık *öğretim modeli* (teaching model) denir (Gilbert ve diğer., 2000). Bu noktada temel olan ise öğrencilerin karşılaştıkları bu öğretim modellerini doğru bir şekilde anlamlandırıp, tarihsel modellerin gelişimi ve değişimi ile birlikte değerlendirerek, bilimsel modele daha yakın zihinsel modeller yapılandırmalarını sağlamaktır. Bu çalışmada, zihinsel model kavramı öğrencilerin atom kavramı ile ilgili bireysel açıklamalarını tanımlamak için kullanılacaktır (Vosniadou, 1994; Adbo ve Taber, 2009).

Atom kavramı ile ilgili daha önceden yapılmış olan çalışmaları incelemek amacıyla yapılan alanyazın taraması sonuçlarının verilmesi uygun olacaktır. Atom öğrenciler tarafından genellikle "yuvarlak", "sert", "katı" (Griffiths ve Preston, 1992; Harrison ve Treagust, 1996) veya "top", "küre" (Harrison ve Treagust, 1996) olarak tanımlamaktadırlar. Öğrencilerde karşılaşılan bir diğer kavram yanlışlığı ise atoma maddelerin genişleme, kasılma, erime, patlama veya büyüme gibi özelliklerini yüklemeleridir (Andersson, 1990; Pereira ve Pestana, 1991; De Vos ve Verdonk, 1996; Albabese ve Vincentini, 1997; Johnson, 1998a). Atomların boyutlarıyla ilgili olarak, çoğu zaman atomun çok küçük olduğu, görülmeyecek kadar küçük olduğu ancak güçlü bir mikroskop yardımıyla görülebileceği şeklinde yarı makroskopik olarak düşünülmektedir (Lee ve diğer., 1993; Harrison ve Treagust, 1996; Charlet-Brehelin, 1998). Bazı öğrenciler atomu grup halinde zihinlerinde canlandırırken (Harrison ve Treagust, 1996) bazıları ise maddenin atomlardan değil toz ve mikrop gibi farklı maddelerden oluştuğunu düşünmektedir (Harrison ve Treagust, 1996).

Öğrencilerin sadece 1/3'ünden biraz fazlasının ilköğretim II. kademeyi bitirdiğinde atomun çekirdek ve elektronlardan oluştuğu bilgisine sahip oldukları bilinmektedir (Charlet-Brehelin, 1998). Çoğu öğrenci atomu büyük bir çember içinde küçük daire olarak göstermektedir (Harrison ve Treagust, 1996). Öğrenciler konunun öğretilmesinden sonra dahi sadece tanecik, atom, molekül kavramlarını karıştırmakla kalmayıp aynı zamanda çekirdek, proton, nötron ve elektron ile onların aralarındaki ilişkileri karıştırmaktadırlar (Osborne ve Freyberg, 1985; Johnston, 1988). Hatta öğrenciler üniversite giriş seviyesinde dahi bu kavramları kavramada sorun yaşamaktadırlar (Cros ve diğer., 1984; 1986). Bazı öğrenciler atomun elektronik yapısını kavramakta zorluk çekmekte (Keig ve Rubba, 1993) çoğu öğrenci ise elektron yörüngelerini atomu koruyan bir zarf olarak düşünmektedirler (Harrison ve Treagust, 1996).

Atom kavramı ile ilgili yapılan program inceleme sonuçlarının belirtilmesi uygun olacaktır. Atomun soyut doğasından ötürü, yapısını anlamada öğrencilerin yaşadıkları zorluklar ve kavram yanlışlıkları fen eğitimi alanının önemli bir konusunu oluşturmaktadır (Cokelez ve Dumon, 2005). Atom modeli genellikle programda çok erken dönemlerde verilmeye başlanmaktadır. Bu nedenle, öğrencilerin bu modeli yanlış anlamaları daha sonraki dönemlerde anlamlı öğrenmelerini engelleyebileceği için, öğrenimlerinin erken dönemlerinden itibaren öğrencilerin atom hakkında oluşturdukları zihinsel modelleri öğrenmek çok önemlidir (Ben-Zvi ve diğer., 1988). Bu noktada atom kavramının öğretim

programında hangi sınıftan itibaren, hangi kazanımlar hedeflenerek verildiğinin sunulması ve ardından alan yazında konuyla ilgili yapılmış olan çalışmaların incelenmesi yerinde olacaktır.

Atom kavramı fen eğitiminde farklı kavramların öğretilmesinde temel teşkil etmesi açısından merkezi bir yere sahiptir. Bu kavram ilköğretim fen ve teknoloji öğretim programında (MEB., 2006) “madde ve değişim” öğrenme alanında geçmektedir. Öğrenciler ilköğretim 1. kademenin ilk üç yılında Hayat Bilgisi dersi kapsamında, birinci sınıftan itibaren, çeşitli madde, cisim, malzeme ve eşyalarla tanışmış; onlarla ilgili büyük-küçük, renkli-renksiz, sıcak-soğuk, kokulu-kokusuz, vb. kavram çiftleri ile alıştırmalar yapmış durumdadır. 4. sınıfta “*Maddeyi Tanıyalım*” ünitesi kapsamında yukarıda anılan nitelemelere dayanarak katı-sıvı-gaz, madde-cisim-malzeme-eşya, doğal madde-işlenmiş madde-yapay madde kavramları sezdirilmiş; bu arada, yeni niteleme özellikleri sunulup öğrencilerin madde tanımlama yetileri geliştirilmiş; *kütle* ve *hacim* büyüklükleri öğrenci tarafından ölçülüp sonuçların ifadesi için alıştırmalar yapılmıştır. Ayrıca öğrencinin, farklı sıcaklıkta maddeler arasındaki etkileşimi keşfederek ısıyı “*sıcaktan soğuğa bir akış*” düzeyinde sezmeye hedeflenmiştir. Ünitenin sonunda *saf madde, karışım, çözünme, çözelti, ayırma*, vb. kavramlara seziş, keşif ve tasarlama düzeyinde giriş yapılmıştır. Böylece, ölçülebilir ve ayırt edici özellikler konusu için bir alt yapı oluşturulmuştur. 5. sınıfta “*Maddenin Değişimi ve Tanınması*” ünitesinde bir enerji türü olarak ısı kavramı, doğada su döngüsü ve bu döngüyü besleyen güneş enerjisi teması etrafında sunulmuş, sonra ısının madde üzerine etkilerinden, *genleşme-büzülme* ve *hal değişimleri* konuları işlenmiş, maddenin ayırt edici özelliklerinden *erime-donma noktası, kaynama noktası* ve *yoğunluk* ele alınarak, maddelerin tanınması alanına bir giriş yapılmıştır.

İlköğretim 2. Kademe ise, 6. sınıf “*Maddenin Tanecikli Yapısı*” ünitesinde öğrencilerin, sıkışma ve genleşme özelliklerini karşılaştırarak maddelerin küçük, görülemez, hareketli taneciklerden oluştuğunu, bu tanecikler arasında boşluklar bulunduğunu sezmeleri, atom ve molekül kavramlarıyla ilişkilendirerek element ve bileşik kavramlarını tanımlamaları sağlanmıştır. Ayrıca ünite öğrenciler, örneklerden yola çıkarak maddede meydana gelen değişimleri fiziksel ve kimyasal değişim olarak sınıflandırmışlar, hal değişimini tanecikli yapı ile ilişkilendirmişlerdir. Böylece öğrencilerin, 7. sınıfta element ve bileşik kavramlarını algılayabilmek ve atomun yapısı konusunu kavrayabilmek için alt yapı oluşturmaları sağlanmıştır. Maddenin yapı taşları olan atom ile ilgili olarak öğrencilere kazandırılması gereken kazanımlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Maddenin, küreye benzer yapı taşlarını atom şeklinde adlandırır.
- Atomların daha da küçük parçacıklardan oluştuğunu ifade eder.

7. sınıfta “*Maddenin Yapısı ve Özellikleri*” ünitesinde öğrencilerin, elementleri sembollerle, bileşikler formüllerle göstermenin bilimsel iletişimi kolaylaştıracağını fark etmeleri, maddelerin farklı yüklerle yüklenmesinden yola çıkarak atomların proton, nötron ve elektronlardan oluştuğunu kavramaları sağlanmıştır. Ayrıca bu ünite öğrenciler, elektron alış-verişi ve elektronların ortaklaşa kullanılmasıyla kimyasal bağları ilişkilendirmişler, çözünme olayını çözünen-çözücü etkileşimleriyle açıklamaya çalışmışlardır. Böylece öğrencilerin, 8. sınıfta periyodik cetvel ve kimyasal tepkimeler konusu için alt yapı oluşturmaları sağlanmıştır. 8. sınıfta “*Maddenin Yapısı ve Özellikleri*” ünitesinde, 6 ve 7. sınıfta atom, molekül, iyon, element, bileşik kavramlarını öğrenmiş, elementlerin sembollerle, bileşiklerin formüllerle gösterilebileceğini fark etmiş, kimyasal bağlar konusunda bilgi edinmiş öğrenciler, elementleri sınıflandırarak periyodik tabloyu incelemişlerdir. Metal, ametal ve yarı metallerin özelliklerini keşfederek uygulama alanlarına örnekler vermiş, anyon ve katyonun oluşum süreci hakkındaki bilgisini geliştirmiş, bir maddedeki bağları irdelemiş, kimyasal tepkime ile kimyasal bağları ilişkilendirerek tepkimeleri denklemlerle göstermiştir. Ayrıca ünite öğrenciler, asit ve baz kavramlarını tanımlayarak nötralleşme tepkimelerini algılamaları, kimyanın günlük hayattaki uygulamalarına örnekler vermeleri sağlanmıştır. Atomun yapısı ile ilgili olarak öğrencilere kazandırılması gereken kazanımlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Atomun çekirdeğini, çekirdeğin temel parçacıklarını ve elektronları temsili resimler üzerinde gösterir.

- Aynı atomda, elektronların çekirdekten farklı uzaklıklarda olabileceğini belirtir.
- Çizilmiş atom modelleri üzerinde elektron katmanlarını gösterir, katmanlardaki elektron sayılarını içten dışa doğru sayar.
- Atom modellerinin tarihsel gelişimini kavrar; Elektron Bulutu Modelinin en gerçekçi algılamaya olacağını fark eder.

Bu konudaki eğitimi geliştirmek için bu zihinsel temsilleri etkileyen etmenleri açığa çıkarmak gereklidir. Belirli bir konuda geliştirilen bir zihinsel model, genel olarak içsel ve dışsal etmenlerin etkisiyle ortaya çıkar denilebilir. Dışsal faktörler, öğrenilen bilgileri ve ders kitapları, öğretmenler gibi bilgiye aracılık eden kaynakları kapsar. Bilgiye aracılık eden kaynaklar kimi zaman temel zorluğu dikkate almazlar ve karmaşayı artırabilirler. İçsel faktörler ise öğrencilerin inandığı bir takım kavramlara dayanır. Eğer öğrenciler birçok kavram yanlışlığına sahiplerse, bu yanlışları yeni bilgilerle değiştirip yapıya uydurmak epey zor olacaktır. Diğer içsel faktör ise, zihinsel modelin var olma yolunu etkileyen bilişsel özelliklerin, öğrencinin yeni zihinsel modelini belirlemek için dışsal faktörlerle etkileşime geçmesidir (Ben-Zvi ve diğer., 1988). Buradan da anlaşılabileceği gibi öğrencilerin zihinsel modellerindeki kavram yanlışlıklarına öğrencinin bilişsel gelişim düzeyi, daha önceden sahip oldukları kavram yanlışlıkları, inançları, öğretmenler, ders kitapları, ön bilgileri gibi birçok faktör etki etmektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin öğrenim öncesinde sahip oldukları zihinsel modelleri belirlemek, yapılandırma sürecinin temelini oluşturacak olan bu bilgilerin doğruluğu ya da yanlışlığını bilip, öğrencilerin bilgiyi istedik şekilde yapılandırabilmelerine zemin sağlamak amacıyla, öğretim durumlarını bu doğrultuda düzenlemeleri açısından öğretmenlere faydalı bilgiler sağlayacaktır. Benzer şekilde, öğrencilerin öğretim sonrası zihinsel modellerini belirlemek ise, sahip oldukları kavram yanlışlıklarını düzeltebilmeleri için öğretmenlere, bu kavram yanlışlıklarına neden olabilecek ifadelerin düzeltilmesi için ders kitabı yazarlarına ve hedeflerin ulaşılabilirliğini denetleyebilmeleri içinse program geliştirme uzmanlarına dönüt sağlamak açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı çerçevesinde, öğrencilerin atom kavramı ile ilgili temel öğrenmelerinin olduğu 7. sınıfta, atom kavramı ile ilgili yapılandırdıkları zihinsel modellerini incelemek, öğrencilerin üst düzey öğrenmeler gerçekleştirebilmelerini sağlayabilmek açısından önem taşımaktadır.

Buradan hareketle bu çalışmada, ilköğretim 7. sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili öğrenim öncesi ve öğrenim sonrası zihinsel modellerinin incelenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışmanın araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

- İlköğretim 7. sınıf öğrencilerinin öğrenim öncesi ve sonrası atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri nelerdir? Öğrenim süresince bu modeller nasıl değişmektedir?
- İlköğretim 7. sınıf öğrencileri öğrenim öncesi ve sonrası atomu günlük hayatlarında hangi nesnelere benzetmektedirler? Bu nesneler öğrenim süresince nasıl değişmektedir?
- İlköğretim 7. sınıf öğrencileri öğrenim öncesi ve sonrası atomun boyutu hakkında ne düşünmektedirler? Bu düşünceleri öğrenim süresince nasıl değişmektedir?

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Nitel bir çalışma olan bu çalışmada, araştırma modeli olarak analitik araştırma yöntemlerinden doküman incelemesi ve araştırmacıya ortamda herhangi bir değişiklik yapmadan var olan durumla çalışma imkânı sağlayan betimsel araştırma yöntemlerinden durum (örnek olay) çalışması kullanılmıştır (Çepni, 2007). Araştırmada, ‘nasıl’ ve ‘niçin’ sorularını temel alarak araştırmacının kontrol edemediği bir olgu ya da olayı derinlemesine incelemesine olanak sağlayan bir yöntem olduğu için durum çalışması seçilmiştir. Araştırma deseni olarak ise tek bir durum içerisinde bulunan birden fazla analiz biriminin incelenmesini sağlayan iç içe geçmiş tek durum deseni kullanılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2006).

Örneklem

Samsun ilinde bulunan 3 ilköğretim okulunun 2009-2010 yılı 7. sınıf öğrencilerinin oluşturduğu bu araştırmanın örneklemini belirlenirken, olasılık temelli örnekleme yöntemlerinden tabaka örnekleme; amaçlı örnekleme yöntemlerinden ise ölçüt örnekleme ve kolay ulaşılabilir durum örnekleme birlikte kullanılmıştır. Öğretim programında “atom” kavramına 6. sınıfta değinilmiş olsa da, atomun yapısının programda verildiği kademe ilköğretim 7. sınıftır. Bu bağlamda ilköğretim 7. sınıf öğrencileri ölçüt örnekleme yöntemi; uygulamaların gerçekleştirildiği bölge, anket uygulamalarının sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi amacıyla kolay ulaşılabilir durum örnekleme yöntemi ve 3 okul ise okulların Samsun ili içerisindeki 2008-2009 SBS’deki başarıları dikkate alınarak üç ayrı başarı grubundan okulları temsil edecek şekilde tabaka örnekleme yöntemi temel alınarak seçilmiştir. Her okuldan 2’şer şubenin dâhil olduğu bu araştırmada örneklem öğrenim öncesi 217, öğrenim sonrası ise 215 öğrenciden oluşmuştur.

Veri Toplama Aracının Geliştirilmesi

Açık uçlu iki sorudan oluşan veri toplama aracı, ilköğretim fen ve teknoloji öğretim programı temel alınarak, 4., 5., 6. ve 7. sınıf fen ve teknoloji ders ve öğrenci kitapları ile alan yazında konuyla ilgili yapılmış olan çalışmalarda sorulmuş olan sorular ve açığa çıkan kavram yanılgıları incelenerek geliştirilmiş, ardından uzman görüşüne başvurularak düzeltmelere gidilmiştir. Veri toplama aracında bulunan sorular:

1. Zihninizdeki atom yapısını çizerek açıklayınız.
2. Atom hangi büyüklüktedir? Bilinen bir şeyle karşılaştırınız.

Verilerin Toplanması

Veri toplama aracı, öncelikle araştırmanın gerçekleştirildiği üç okulda araştırmanın konusunu oluşturan “atomun yapısı” konusu anlatılmadan önce, öğrencilerin konuyla ilgili zihinsel modellerini belirlemek amacıyla uygulanmıştır. Konu her bir okulda ortalama 2 hafta süreyle ders kitabı kaynak kitap olarak kullanılarak işlenmiştir. Ardından 2 hafta sonra aynı veri toplama aracı aynı örneklem grubuna yapılandırmış oldukları zihinsel modellerini belirlemek amacıyla yeniden uygulanmıştır.

Verilerin Analizi

Bu araştırmada, elde edilen verilerin daha önceden belirlenen temalara göre özetlenip yorumlandığı, doğrudan alıntılara sık sık yer verildiği ve edinilen bulguların düzenlenip yorumlayarak okuyucuya sunmanın amaçlandığı betimsel analiz yöntemi (Yıldırım ve Şimşek, 2006) kullanılmıştır. Bu bağlamda ilk olarak doküman analizi sonucu öğrencilerin veri toplama aracındaki sorulara verecekleri muhtemel cevaplar belirlenerek betimsel analiz için bir çerçeve oluşturulmuştur. Sonrasında, düzenlenmiş olan veriler tanımlanmış, gerekli yerlerde doğrudan alıntılarla desteklenmiştir. Son aşama olan bulguların yorumlanması aşamasında ise tanımlanan bulgular açıklanmış, birbirleriyle ilişkilendirilmiş, anlamlandırılmış ve bulgular arası neden-sonuç ilişkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

BULGULAR ve YORUM

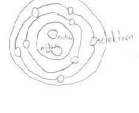
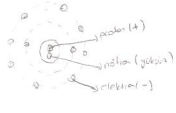
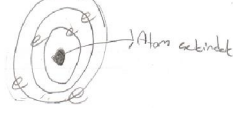


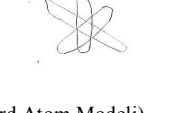


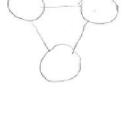

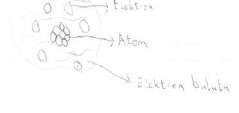

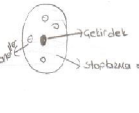



Öğrencilerin atomla ilgili zihinsel modelleri

Öğrencilerin zihinlerindeki atom modelleri ile ilgili soruya verdikleri cevapların analizinde çizimler ve açıklamalar ayrı olarak ele alınmış, her iki analiz için de öğrenci cevaplarından elde edilen kodlamalarının sıklık ve yüzdelerini gösteren çizelge (Bkz. Çizelge 1) ve grafikler

(bkz. Grafik 1 ve Grafik 2) oluşturulmuş ve öğrenci çizimlerinden örnekler (Bkz. Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3) sunulmuştur.

Öğrenci çizimleri analiz edilirken, benzeşim modelleri ve tarihsel modeller ayrı ayrı ele alınarak analiz edilmiştir. Analizlere ait çizelgelerin toplam satırında, öğrenci cevaplarının toplamının örneklemden fazla olmasının, bazı öğrencilerin açıklamalarının birden fazla kategoriye girmesinden kaynaklandığının belirtilmesi yerinde olacaktır.

Şekil 1’de öğrencilerin öğrenim öncesi ve öğrenim sonrasında çizmiş oldukları atom modellerinden örnekler yer almaktadır.

| Öğrenim Öncesi/Öğrenim Sonrası | | Öğrenim Öncesi/Öğrenim Sonrası | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| Bohr Atom Modeli | | Güneş Sistemi Modeli (Rutherford Atom Modeli) | |
|  |  |  |  |
| Medyatik Model (Rutherford Atom Modeli) | | Top Modeli | |
|  |  |  |  |
| Molekül Etkili Model | | Elektron Bulutu Modeli | |
|  |  |  |  |
| Hücre Etkili Model | | Üzümlü Kek Modeli | |

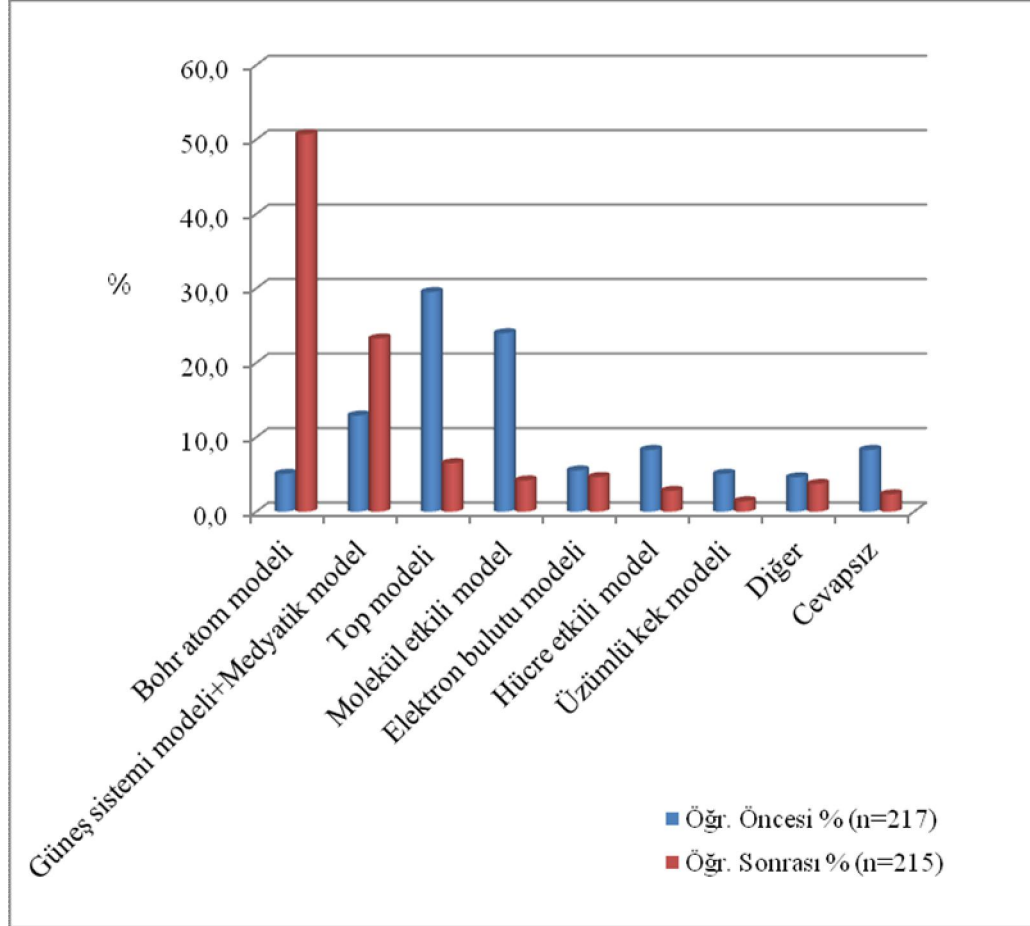
Şekil 1. Öğrencilerin çizdikleri atom modeli örnekleri

Merkezinde çekirdek ya da sadece protondan oluşan çekirdek ve etrafında dönen elektronlardan oluşan atom modeli çizimleri Güneş Sistemi Modeli olarak; merkezinde proton ve nötrondan oluşan bir çekirdek ve etrafında dönen elektronlardan oluşan atom modeli çizimleri ise Bohr Atom Modeli olarak değerlendirilmiştir. (Bkz. Şekil 1 ve Çizelge 1.).

Çizelge 1. Öğrencilerin atom modeli çizimlerinin sıklık ve yüzde dağılımları

| Açıklamalar | Öğr. Öncesi | | Öğr. Sonrası | |
|-------------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | f | % (n=217) | f | % (n=215) |
| Bohr Atom Modeli | 11 | 5,1 | 109 | 50,7 |
| Güneş Sistemi Modeli+Medyatik Model | 28 | 12,9 | 50 | 23,3 |
| Top Modeli | 64 | 29,5 | 14 | 6,5 |
| Molekül Etkili Model | 52 | 24,0 | 9 | 4,2 |
| Elektron Bulutu Modeli | 12 | 5,5 | 10 | 4,7 |
| Hücre Etkili Model | 18 | 8,3 | 6 | 2,8 |
| Üzümlü kek | 11 | 5,1 | 3 | 1,4 |
| Diğer | 10 | 4,6 | 8 | 3,7 |
| Cevapsız | 18 | 8,3 | 5 | 2,3 |
| Toplam | 219 | | 215 | |

Öğrenim öncesinde 18, öğrenim sonrasında ise 5 öğrenci soruyu cevapsız bırakırken soruyu cevaplayan öğrencilerin atom modeli çizimleri 7 kategoride, bu kategorilere eklenemeyen öğrenci cevapları ise diğer kategorisinde incelenmiştir. Öğrenim öncesinde öğrencilerin yaklaşık olarak $\frac{1}{3}$ 'ünün Top Modeli, $\frac{1}{4}$ 'ünün Molekül Etkili Modeli, $\frac{1}{8}$ 'inin ise Güneş Sistemi Modelini çizdikleri görülürken, öğrenim sonrasında öğrencilerin yarısının Bohr Atom Modelini, $\frac{1}{4}$ 'ünün ise Güneş Sistemi Modelini çizdikleri görülmüştür (Bkz. Çizelge 1 ve Grafik 1).



Grafik 1. Öğrencilerin atom modeli çizimlerinin öğrenim öncesi – öğrenim sonrası dağılımlarının grafiksel gösterimi

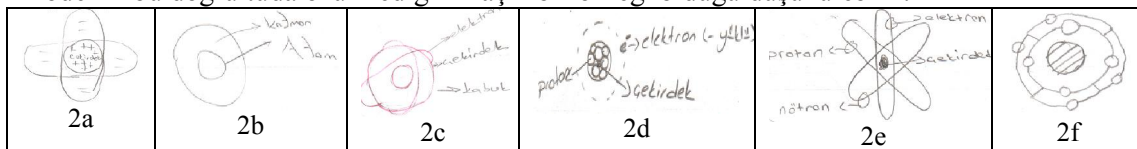
Öğrencilerin öğrenim öncesinde en çok tercih ettikleri modelin Top Modeli, ikinci olarak en çok tercih ettikleri modelin ise Molekül Etkili Model olması beklenen bir durumdur. Çünkü 6. sınıf ders kitabında, “Maddenin Tanecikli Yapısı” ünitesinde element, molekül, bileşik gibi kavramlar öğretilirken kullanılan çizimlerde, atom yuvarlak küçük tanecikler olarak modellenmektedir. Ayrıca “Tarih Boyunca Tanecik Fikrinde Değişmeler” başlığı altında öğrencilere maddenin taneciklerden oluştuğu fikrinin arka planı anlatılarak, bu taneciklere Democritos’un atom adını verdiği ve sonra yapılan çalışmalarla Dalton’un maddenin küreye benzer bölünemeyen taneciklerden oluştuğu fikrini ortaya attığı ve atomu tahta kürelerle açıkladığı belirtilmiştir. Ardından atomla ilgili çalışmaların devam ettiği, daha detaylı bilgilere ulaşıldığı ve bölünemez olduğu fikrinin yıkılıp atomun daha küçük parçacıklardan oluştuğunun anlaşıldığı belirtilmiş olsa bile (MEB, 2008a: s. 92, 93), öğrencilerin atomu Dalton Atom Modelinde olduğu gibi küre şeklinde ya da Molekül Etkili Model olarak nitelenen, küçük yuvarlak tanecikler topluluğu şeklinde algılamış olmaları beklenen bir durumdur. Molekül Etkili Model bulgusu, Griffiths ve Preston (1992)’in çalışmalarında ifade ettikleri “atom rastgele dağılmış olan birkaç nokta ya da yuvarlağa benzer” kavram yanılgısıyla paraleldir. Yine 6. sınıfta Dalton Atom Modeli haricinde diğer modellere

değinilmemiş olmasına karşın, çeşitli atom modellerini (Güneş Sistemi Modeli, Medyatik Model, Elektron Bulutu Modeli, Üzümlü Kek Modeli, Bohr Atom Modeli) çizen öğrencilerin ise bu atom modellerini öğrenim öncesi çeşitli kaynaklardan öğrenmiş oldukları düşünülmektedir.

7. sınıf ders kitabında, evinde kedi olan bir insanın, kendisi evde değilse bile kedisinin evin nerelerinde olduğunu tahmin edebileceği örneğinden yola çıkarak, atomun görülemediği ancak elektronların nerelerde bulunabileceğinin tahmin edildiği ve bu alanların *elektron bulutu* olarak adlandırıldığı belirtilmiştir. Ayrıca Elektron Bulutu Modelinde elektronun belirli bir yörüngesi olmadığı için çok kısa süreler içinde farklı konumlarda bulunduğu açıklaması verilmiştir (MEB, 2008a: s. 156). Bu açıklamalara karşın, öğrenim sonrasında öğrencilerin yarısının Bohr Atom Modeli çizmiş olmaları ise, ders kitabındaki tüm şekillerde Bohr Atom Modeline uygun olarak elektronların atomun çevresindeki katmanların tam ortalarında resmedilmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Alan yazınla karşılaştırıldığında ise, öğrencilerin neredeyse yarısının Güneş Sistemi Modelini (ya da Medyatik Model) tercih ettikleri Harrison ve Treagust (1996)'un çalışmalarındaki sonuçla paralellik göstermediği ancak Nakiboğlu ve diğer. (2002)'nin çalışmalarında öğretmen adaylarının %78'inin atomla ilgili zihinsel modellerinin Bohr Atom Modeliyle benzer olduğu bulgusuyla örtüşmekte olduğu görülmektedir. Günümüzde geçerli olan Elektron Bulutu Modeli ise öğrenim öncesinde 12 öğrenci tarafından çizilirken (%5,5), öğrenim sonrasında ise 10 (%4,7) öğrenci tarafından çizilmiştir. Bu bulgu ise Yıldız (2006)'ın çalışmasında öğrencilerin zihinlerinde Modern Atom Modelinin yapılanmadığı bulgusuyla örtüşmektedir.

Güneş Sistemi Modeli ya da Medyatik Model olarak da bilinen Rutherford Atom Modeli, merkezinde protondan oluşan bir çekirdek ve etrafındaki yörüngelerde dönen elektronlardan oluşmaktadır. Model, nötronun da bulunmasının ardından Niels Bohr tarafından ortaya atılan Bohr atom modeliyle geçerliğini yitirmiştir. Günümüzde ise Bohr Atom Modeli de çürütülerek geçerli olan model Modern Atom Teorisi olmuştur. Öğrenim öncesinde öğrencilerin yaklaşık $\frac{1}{8}$ 'i tarafından çizilmiş olan Güneş Sistemi Modelinin, öğrenciler atomun yapısını öğrenirken proton, nötron, elektron, elektron bulutu, katman, yörünge gibi terimleri öğrenmiş olmalarına karşın, öğrenim sonrasında daha az öğrenci tarafından çizilmesi beklenirken, aksine öğrencilerin neredeyse $\frac{1}{4}$ 'i tarafından çizilmiştir (Bkz. Grafik 1). Bu durum öğrencilerin atomun yapıtaşlarını ve yapısını tam anlamıyla kavrayamadıklarını göstermektedir. Ayrıca 7. sınıf ders kitabında “Atom Modelinin Serüveni” başlığı altında Rutherford Atom Modelini belirtmek için kullanılan Medyatik Modelde, merkezdeki çekirdekte pembe ve mavi taneciklerden oluşan bir çekirdek bulunmaktadır (MEB, 2008a: s. 155). Ancak Rutherford Atom Modelinde nötron henüz keşfedilmediğinden dolayı çekirdekte sadece protonlar bulunmaktadır. Kitaptaki bu model, ifade edilenle çelişkili olduğundan dolayı öğrencileri dengesizliğe yöneltebilecek niteliktedir.

Öğrenim öncesindeki öğrenci çizimleri incelendiğinde, bir öğrencinin, ortasında pozitif yükten oluşan bir çekirdek ve çevresine çizdiği iki yörüngeyle Medyatik Modele benzeyen bir atom modeli çizdiği, ancak çekirdek ve yörüngeler arasında kalan kısmın negatif olduğunu belirttiği görülmektedir (Bkz. Şekil 2a). Elektron Bulutu Modelinde elektronun katmanların herhangi bir yerinde bulunabileceği bilgisinden dolayı, öğrencinin çekirdek ile yörüngeler arasında kalan kısmı negatif olarak düşünmesinden kaynaklanmış olabileceği için, Elektron Bulutu Modeline benzetildiği düşünülmektedir. Öğrencinin bu modeli öğrenim öncesinde çizdiği de göz önüne alınarak, farklı atom modelleri ile karşılaşarak öğrenme gerçekleşmeden önce öğrencilerin konu ile ilgili ön bilgileri olduğunun ve bu öğrencinin atom modelini bu doğrultuda özümlediğinin açık bir örneği olduğu düşünülebilir.



Şekil 2. Öğrenim öncesinde öğrencilerin çizdikleri, kavram yanlışları barındıran atom modeli örnekleri

Bir öğrencinin atom modeli incelendiğinde, merkezde yuvarlak bir atom ve çevresinde elektron bulutuna benzer bir katman bulunduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 2b). Öğrenci atomun yapısını ve yapı birimlerini henüz öğrenmediğinden, çekirdek olarak adlandırmaması gereken kısmı atom olarak adlandırmıştır.

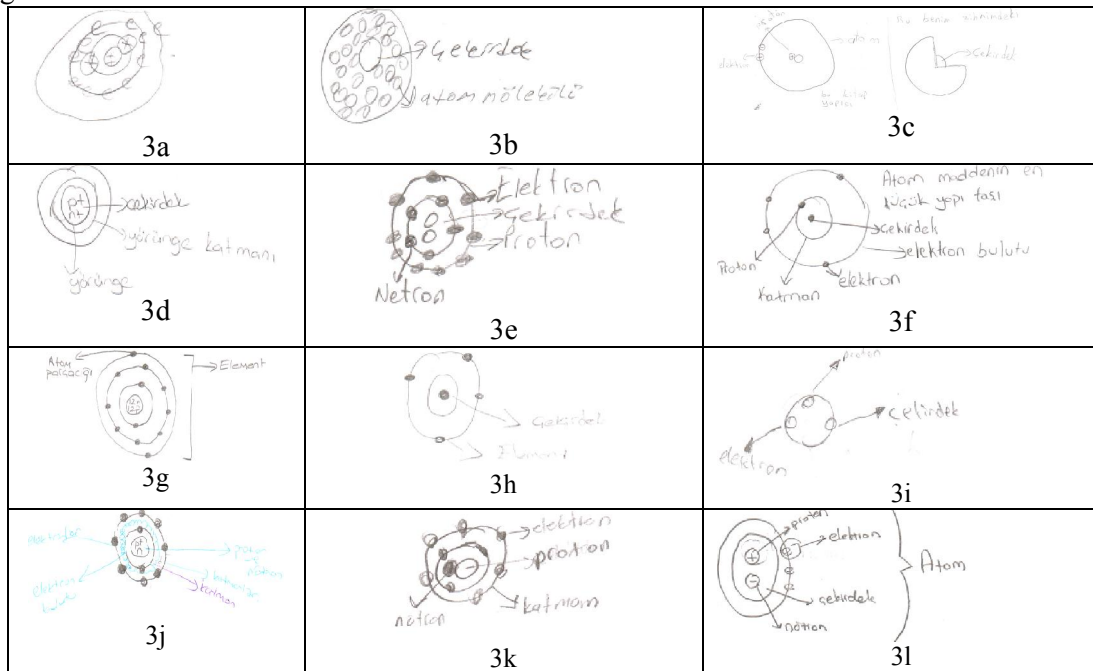
Başka bir öğrenci, çevresinde kabuk bulunan küre şeklinde bir yapı çizerek yapının bütününe çekirdek, çevresine çizdiği yörüngelere ise elektron olarak ifade etmiştir (Bkz. Şekil 2c). Öğrencinin elektron, kabuk ve çekirdek kavramları hakkında daha önceden bilgisi olduğu ancak doğru bir şekilde özümseyemediği sonucu çıkartılabilir.

Diğer bir öğrenci, içinde protonlar ve çekirdek bulunan yuvarlak bir yapı çizmiş ve çevresine çizdiği yörüngede resmettiği parçacığı da elektron olarak adlandırmıştır (Bkz. Şekil 2d). Öğrencinin çizdiği model Güneş Sistemi Modeli (Rutherford Atom Modeli) olsa da, modelin ortasında protonların tam ortasında belirttiği çekirdek, öğrencinin modeli eksik özümseyemediğini göstermektedir.

Bir başka öğrenci, ortasında çekirdek ve çevresinde bulunan yörüngelerden oluşan medyatik atom modeli çizmiş ancak elektronla beraber proton ve nötronun da bu yörüngelerde bulunduğunu belirtmiştir (Bkz. Şekil 2e). Bu çizim, öğrencinin atomu oluşturan yapı birimlerini bildiğinin ancak atomun yapısını istendik şekilde yapılandıramadığının göstergesidir. Benzer bir model Yıldız (2006)'ın çalışmasında da ortaya konulmuş, öğrenci merkezde çekirdek, etrafında Medyatik Modeldeki yörüngelerin içine (+) pozitif ve (-) negatif yükleri yerleştirmiş, (+) pozitif yükleri proton diye adlandırırken (-) negatif yükleri nötron diye adlandırmış, merkezde çekirdek olduğu halde protonları çekirdek etrafına yerleştirmiştir.

Bir öğrenci atom modeli olarak Güneş Sistemi Modeline benzer bir model çizse de çekirdeğin çevresindeki iki yörüngenin çizgilerle birbirine bağlandığı görülmektedir (Bkz. Şekil 2f). Öğrencinin kendisine sentetik bir model oluşturduğu düşünülmektedir.

Öğrenim sonrasındaki bazı öğrenci çizimlerine bakıldığında, bir öğrencinin Güneş Sistemi Modeline benzer bir model çizdiği görülmektedir. Merkezde içinde proton olduğu belirtilmeyen + yükler bulunan yuvarlak bir yapı, çevresinde ise 3 yörünge resmedilmiştir (Bkz. Şekil 3a). Öğrencinin ilk yörüngede + yükler çizmiş olması ve 2 ve 3. yörüngelere elektronları gelişigüzel dağıtmış olması öğrencinin konuyu eksik yapılandığını göstermektedir.



Şekil 3. Öğrenim sonrasında öğrencilerin çizdikleri, kavram yanlışları barındıran atom modeli örnekleri

Bir öğrencinin öğrenim sonrasında çizdiği, içinde bir çekirdek ve çekirdeğe göre daha küçük yuvarlak birimler bulunan küresel bir yapıdan oluşan atom modeli, hücre etkili bir atom modelidir (Bkz. Şekil 3b). Öğrencinin atomu bu şekilde hücre etkili çizmiş olması ve küçük yuvarlak birimleri atom molekül olarak belirtmesi, öğrencinin atomun yapısını, yapı birimlerini ve atom-molekül farkını kavrayamadığını, bu kavramlarla ilgili bir dengesizlik yaşadığını yani atomun yapısını henüz istendik bir şekilde yapılandıramadığını göstermektedir.

Bir öğrenci öğrenim sonrasında merkezde pozitif yüklü proton, ismini belirtmediği nötr bir tanecik (muhtemelen nötron) ve çevresindeki yörüngede resmettiği elektronlardan oluşan Bohr Atom Modeline uygun bir çizim yapmış ancak bunun kitap yapısı olduğunu belirtmiş ve kendi zihnindeki, dünya gibi içinde çekirdeği olan küresel yapıyı çizmiştir (Bkz. Şekil 3c). Öğrencinin ders kitaplarında verilen atom modellerini kabul etmeyip kendi zihinsel modelini oluşturması, öğrencilerin kendi bilgilerini kendilerinin yapılandırıdığının bir göstergesi olarak düşünülebilir.

Başka bir öğrenci ise, çizdiği atom modelinde çekirdekte bulunan proton ve nötronun + yüklü olduklarını, çekirdeğin çevresindeki halkanın yörünge, 1. ve 3. halka arasında kalan 2. halkanına yörünge katmanı olduğunu belirtmiştir (Bkz. Şekil 3d). Öğrencinin nötronun + yüklü olduğu şeklinde bir kavram yanlışlığına sahip olduğu, yörünge ile katman kavramlarını tam olarak algılayamadığı ve yörünge katmanı diye zihninde farklı bir yapı oluşturduğu görülmektedir.

Bir öğrencinin çiziminde, merkezde bir çekirdek, çevresine çizdiği 1. katmanda bulunan bir proton, 2. katmanda bulunan elektronlar ve rastgele çizilen bir okla belirtilmiş elektron bulutu kavramlarından oluşan bir atom modeli bulunmaktadır (Bkz. Şekil 3f). Bir öğrencinin çiziminde ise, merkeze çizdiği iki yuvarlaktan oluşan bölüm çekirdek, çevresine çizdiği 1. yörüngenin üzerinde nötron, proton olarak belirttiği 2. yörüngenin üzerinde ise elektron bulunmaktadır (Bkz. Şekil 3k). “*Protonun katmanda bulunduğu*” kavram yanlışlığına sahip olan bir öğrencinin, aynı zamanda katman ve elektron bulutu kavramlarını da tam anlamıyla algılayamadığı; “*nötronun yörünge üzerinde bulunduğu*” kavram yanlışlığına sahip olan bir öğrencinin ise yörünge ve proton kavramlarını karıştırdığı görülmektedir. Bu bağlamda her iki öğrencinin de atomun yapı birimlerini yanlış özümledikleri ve zihinlerinde eksik bir atom modeli yapılandırıdıkları anlaşılmaktadır.

Bir öğrenci öğrenim sonrasında çizdiği atom modelinde, merkezde bulunan 12 proton ve 12 nötronun çevresindeki yörüngelere 12 elektronu Bohr Atom Modeline uygun olarak doğru şekilde dizmiş olmasına karşın, elektronu atom parçacığı, atomu ise element olarak belirtmiştir. Bir öğrenci ise, Güneş Sistemi Modeline (Rutherford Atom Modeli) uygun olarak çizdiği atom modelinde, elektronu *element* olarak adlandırmıştır (Bkz. Şekil 3g). Bu bağlamda bir öğrencinin atomun yapı birimlerini tam anlamıyla özümseyememenin yanı sıra atom ve element kavramlarını, bir öğrencinin ise elektron ve element kavramlarını karıştırdığı görülmektedir.

Bir öğrencinin atom modeline bakıldığında, çizdiği çemberin içinde çembere yapışık konumlandığı küçük yuvarlak yapıları proton, elektron ve çekirdek olarak adlandırdığı görülmektedir (Bkz. Şekil 3i). Öğrencinin atomun yapısı ve yapı birimlerini tam olarak özümseyemediği ve dersten aklında kalmış olan, Üzümlü Kek Modelinin yapısı, yörünge üzerinde bulunan küçük yuvarlak yapı birimleri ve elektron, proton, çekirdek kavramlarını harmanlayıp, kendisine bir zihinsel model oluşturduğu düşünülmektedir.

Bir başka öğrencinin öğrenim sonrasında çizdiği atom modeli incelendiğinde, merkezde proton ve nötron, çevresindeki katmanlarda da elektronlar bulunmakta, katmanlar arasındaki alan ise elektron bulutu olarak adlandırıldığı görülmektedir (Bkz. Şekil 3j). Harrison ve Treagust (2000)’un çalışmasında da karşılaşılan bu öğrenci çizimi, öğrencinin yörünge ve elektron bulutu kavramlarını tam olarak algılayamamış olmakla birlikte Modern Atom Teorisi ve Bohr Atom Modeli ayırımını henüz yapamamış olduğunu göstermektedir.

Bohr Atom Modeline uygun olarak çizdikleri atom modellerinde bir öğrenci, merkezde bulunan protonu eksi (-) yüklü olarak belirtirken, başka bir öğrenci ise Bak ve Ays (2008)'in çalışmalarında da rastlandığı gibi nötronun eksi (-) yüklü olduğunu belirtmiştir (Bkz. Şekil 3). Bu öğrencilerin atomun yapı birimlerini ve sahip oldukları yükleri doğru bir şekilde yapılandıramadıkları görülmektedir.

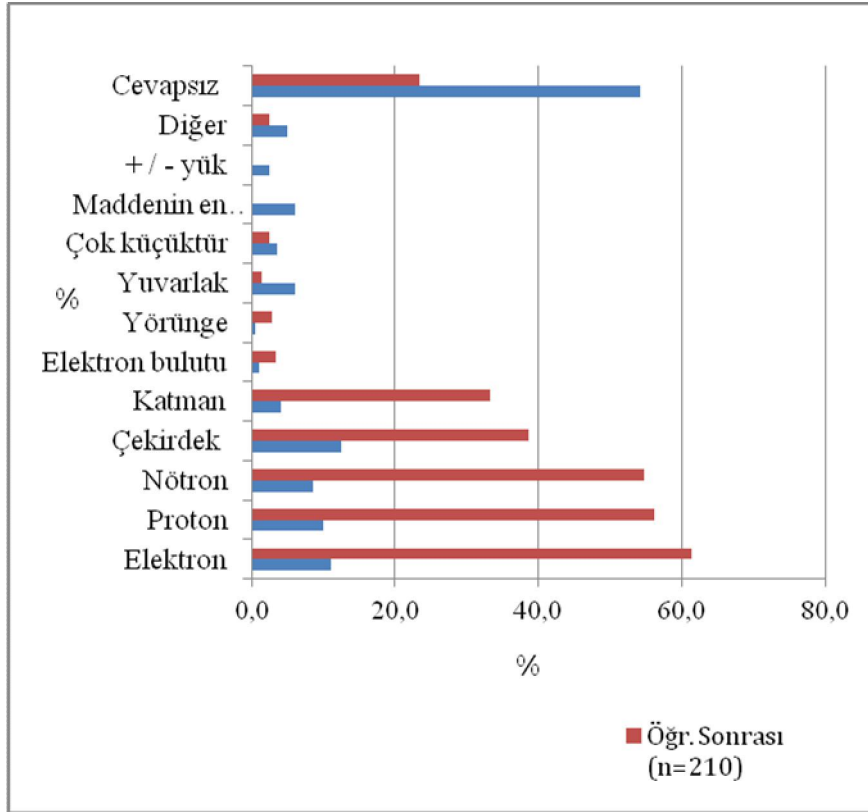
Çizelge 2'de sadece zihinlerindeki atom modellerini çizen öğrenciler sıklıkların yüzde dağılımları hesaplanmıştır. Çizelge 2'deki cevapsız kategorisi ise atom modeli çizmiş olan ancak hakkında herhangi bir açıklama yapmamış olan öğrencileri belirtmektedir. Bu bağlamda zihinlerindeki atom modelini açıklarken öğrencilerin öğrenim öncesinde yarıdan fazlası öğrenim sonrasında ise yaklaşık olarak $\frac{1}{4}$ 'ü herhangi bir açıklamada bulunmamıştır.

Öğrenciler atom modellerini açıklarken öğrenim öncesinde genellikle atomun bileşenlerinden çok yuvarlak, çok küçük gibi özelliklerini belirtirken, öğrenim sonrasında daha çok bileşenlerine değinmişlerdir. Bu durum, 6. sınıfta öğrencilerin atomun yapısına dair herhangi bir şey öğrenmemiş olmalarından kaynaklanmaktadır. Küçük yüzdelere de olsa elektron (%11,1), proton (%10,1), nötron (%8,5), katman (%4,0), elektron bulutu (%1,0) ve yörünge (%0,5) cevabı veren öğrencilerin ise konuyla ilgili daha önceden herhangi bir kaynaktan bilgi sahibi oldukları düşünülmektedir. Sadece öğrenim öncesinde 5 öğrenci tarafından belirtilen +/- yük açıklaması ise öğrencilerin daha önceden atomda + ve - yüklerin bulunduğu bilgisini duydukları ancak bunların proton ve elektron bileşenlerine ait olduklarını bilmediklerini göstermektedir.

Öğrenim sonrası öğrencilerin $\frac{3}{5}$ 'i elektron, yarıdan fazlası proton ve nötron, $\frac{2}{5}$ 'i ise çekirdek yapı birimlerini belirtmiştir. Burada önemli olan nokta ise, öğrencilerin $\frac{1}{3}$ 'ünün katmanı belirtirken, günümüzde geçerli olan atom modelinde var olan elektron bulutunu, öğrenmiş olmalarına karşın, sadece 7 öğrencinin belirtmiş olmasıdır. Bu durumun konunun işlenişi sırasında anlamayı kolaylaştırmak için elektronların katmanlarda bulunduklarının belirtilmesi ve elektronların bu şekilde resmedilmesinden, elektron bulutu kavramına ise sadece günümüzde geçerli olan atom modelinin Modern Atom Teorisi olduğu açıklanırken değinilmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Konunun bu şekilde anlatılmış olması, Modern Atom Teorisinin geçerli olduğu belirtilse bile Bohr Atom Modeline uygun atom modellemeleri yapıldığından, öğrencilerin bilgilerini yapılandırırken dengesizlik yaşamalarına neden olacağı düşünülmektedir.

Çizelge 2. Öğrencilerin zihinlerindeki atom modellerini açıklarken kullandıkları ifadelerin sıklık ve yüzde dağılımları

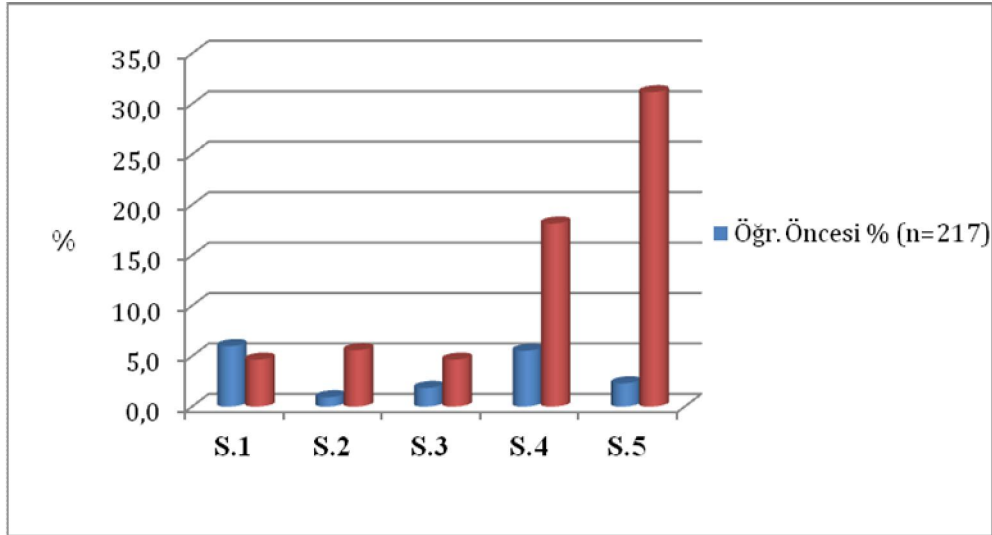
| Açıklamalar | Öğr. Öncesi | | Öğr. Sonrası | |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | f | % (n=199) | f | % (n=210) |
| Elektron | 22 | 11,1 | 129 | 61,4 |
| Proton | 20 | 10,1 | 118 | 56,2 |
| Nötron | 17 | 8,5 | 115 | 54,8 |
| Çekirdek | 25 | 12,6 | 81 | 38,6 |
| Katman | 8 | 4,0 | 70 | 33,3 |
| Elektron bulutu | 2 | 1,0 | 7 | 3,3 |
| Yörünge | 1 | 0,5 | 6 | 2,9 |
| Yuvarlak | 12 | 6,0 | 3 | 1,4 |
| Çok küçüktür | 7 | 3,5 | 5 | 2,4 |
| Maddenin en küçük yapıtaşıdır | 12 | 6,0 | - | 0,0 |
| + / - yük | 5 | 2,5 | - | 0,0 |
| Diğer | 10 | 5,0 | 5 | 2,4 |
| Cevapsız | 108 | 54,3 | 49 | 23,3 |
| Toplam | 249 | | 588 | |



Grafik 2. Öğrencilerin zihinlerindeki atom modellerini açıklarken kullandıkları ifadelerin sıklık ve yüzde dağılımlarının grafiksel gösterimi

Öğrenim sonrası öğrencilerin yaklaşık olarak $\frac{3}{4}$ 'ünün zihinlerinde yapılan atom modelinin Bohr Atom Modeli ya da Güneş Sistemi Modeli (Medyatik Model, Rutherford Atom Modeli) olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda Cokelez ve Dumon (2005)'ün çalışmadan esinlenilerek, öğrencilerin atom modellerini çizerlerken kullandıkları ifadelerle göre atom modeli seviyeleri belirlenerek grafik 3'te sunulmuştur. Bu seviyeler aşağıdaki gibidir:

- **Seviye 1.** Çekirdekten / Nötronun bulunduğu çekirdekten / Protonun bulunduğu çekirdekten / Proton ve nötronun bulunduğu çekirdekten oluşan atom
- **Seviye 2.** Çekirdek ve elektrondan / Çekirdek ile elektronların bulunduğu elektron katmanından oluşan atom
- **Seviye 3.** Protonun bulunduğu çekirdek ve elektrondan / Nötronun bulunduğu çekirdek ve elektrondan oluşan atom
- **Seviye 4.** Proton ve nötronun bulunduğu çekirdek ve elektrondan oluşan atom
- **Seviye 5.** Proton ve nötronun bulunduğu çekirdek ve elektronların bulunduğu elektron katmanından oluşan atom
- Grafik 3'te görüldüğü gibi 5. seviyedeki atom modelini (proton ve nötronun bulunduğu çekirdek ve elektronların bulunduğu elektron katmanından oluşan atom modeli) öğrenim öncesinde her 50 öğrenciden 1'i çizerken, öğrenim sonrasında her 3 öğrenciden 1'i çizmiştir. Katmanın belirtilmediği 4. seviyedeki atom modeli ise öğrenim öncesinde her 50 öğrenciden 3'ü tarafından çizilmişken öğrenim sonrasında her 50 öğrenciden 9'u tarafından çizilmiştir. Seviye 2 olarak belirtilmiş olan elektron ve çekirdekten oluşan atom modelinin ise öğrenim öncesi her 100 öğrenciden 1'i tarafından çizildiği görülürken, öğrenim sonrası her 50 öğrenciden 3'ünün çekirdekte bulunan proton ve nötronu belirtmeyerek, sadece çekirdek ve elektrondan oluşan bu atom modelini çizdikleri görülmektedir. Öğrenim öncesi her 50 öğrenciden 3'ü tarafından çekirdekten oluşan atom modeli (Seviye 1) çizilmiştir. Bu orandaki düşüşün daha fazla olması beklenirken öğrenim sonrasında her 20 öğrenciden 1'inin çekirdekten oluşan atom modeli çizdikleri görülmüştür.



Grafik 3. Öğrencilerin atom modellerini çizerken kullandıkları ifadelerle belirlenen öğrencilerin atom modeli seviyelerinin öğrenim öncesi-öğrenim sonrası dağılımlarının grafiksel gösterimi

Öğrenim sonrasında atomun bileşenlerini öğrenmiş olmalarına karşın kendilerinden beklenenden daha düşük seviyedeki atom modellerini (seviye 1, 2, 3) çizmiş olan öğrenciler, bu kavramların yeteri kadar anlaşılamadığına, öğrencilerin zihinlerinde atomun yapısını yeteri kadar özümseyip dengeye oturtamadıklarına birer örnek oluşturmaktadır.

Atomun büyüklüğü ve bilinen bir şeyle karşılaştırılmasına yönelik bulgular

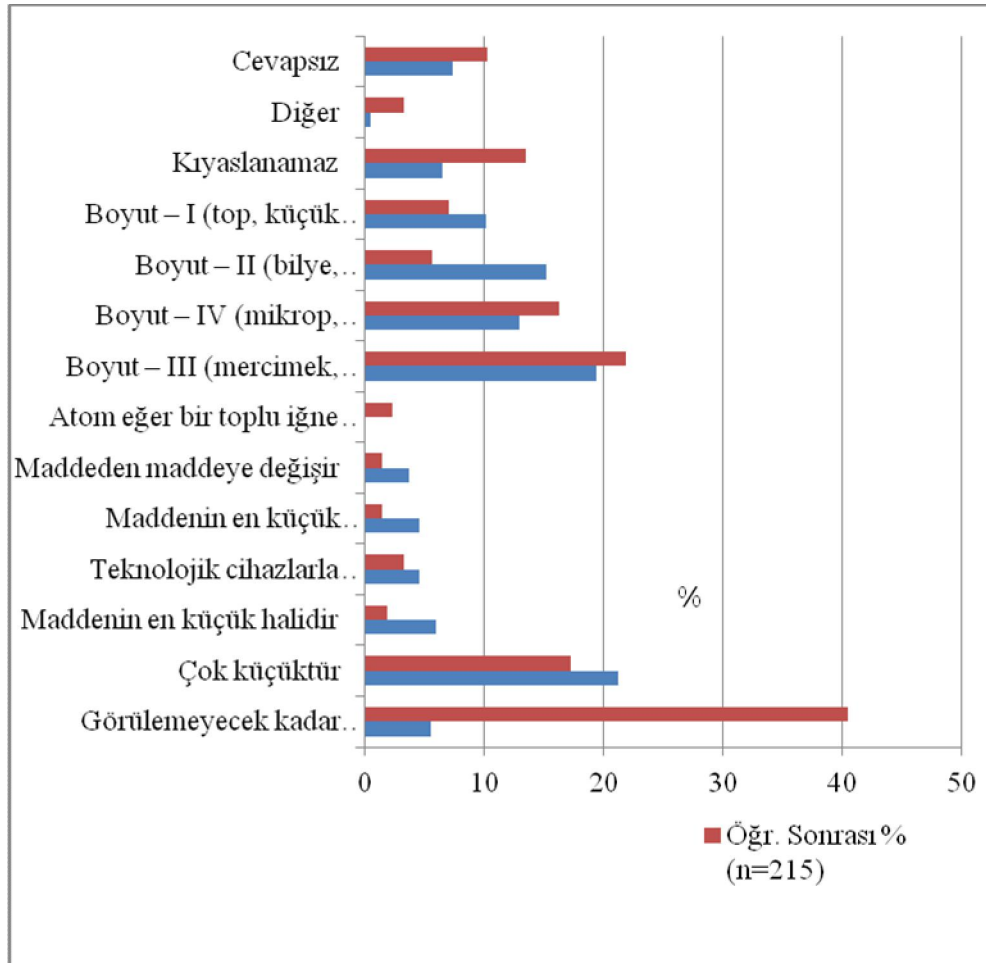
Öğrencilerin atomun boyutu hakkındaki düşüncelerini açığa çıkarmanın amaçlandığı ikinci soruda, öğrencilerin birbirinin tamamlayıcısı olan bu sorulara ayrı ayrı cevap vermemeleri, cevaplarının net olmaması ve kıyaslamalarda çok çeşitli cevaplar vermelerinden dolayı, büyüklük ve kıyaslanan nesne ayrı ayrı analiz edilememiştir. Bu yüzden öğrencilerin bu soruya verdikleri cevaplar, öğrencilerin kullandıkları ifade ve sözcüklerin sıklıkına göre analiz edilmiştir. Örneğin, soruya sadece “Top” yanıtı veren ya da “*Bir topun milyonlarca küçültülmüş hali*” yanıtı veren bir öğrencinin yanıtı doğrudan topun da içinde bulunduğu Boyut-I’de değerlendirilmiştir. Bu bağlamda Çizelge 3’te verilen tablonun ve Grafik 4’te verilen histogramın açıklamalar sütununda, önce öğrencilerin atomun boyutu ile ilgili ifadeleri, ardından da kıyasladıkları nesneler çoktan aza doğru sıklıklarına göre sıralanarak verilmiştir. Öğrencilerin kıyaslama yaptıkları nesneler ise boyutlarına göre 4 gruba ayrılarak analiz edilmiştir:

- **Boyut-I:** Portakal, top, yumurta gibi büyük nesneler.
- **Boyut-II:** Bilye, misket, bezelye gibi küçük nesneler.
- **Boyut-III:** Mercimek, boncuk, karınca gibi çok küçük nesneler.
- **Boyut-IV:** Mikrop, hücre, virüs gibi gözle görülemeyen, ancak mikroskopla görülebilen, çok çok küçük nesneler.

Öğrenim öncesinde her 40 öğrenciden 3’ünün, öğrenim sonrasında ise her 40 öğrenciden 4’ünün cevap vermediği bu soruda, öğrencilerin $\frac{2}{5}$ ’i (her 20 öğrenciden 8’i) öğrenim sonrasında “*çıplak gözle ve teknolojik cihazlarla görülemeyecek kadar küçük*” ifadesini kullanırken öğrenim öncesinde her 20 öğrenciden 1’i bu cevabı vermiştir (Bkz. Çizelge 3). Öğrenim öncesinde öğrencilerin $\frac{1}{5}$ ’i tarafından ifade edilen *çok küçüktür* cevabı ise öğrenim sonrasında her 50 öğrenciden yaklaşık olarak 9’u tarafından cevaplanarak, öğrenim sonrasında en çok tercih edilen ikinci ifade olmuştur. Öğrenim öncesinde 13 öğrenci tarafından cevaplandırılarak, en çok tercih edilen ikinci ifade ise atomun “*maddenin en küçük hali olduğu*”dur ve öğrenim sonrasında sadece 4 öğrenci tarafından cevaplandırılmıştır (Bkz. Grafik 4).

Çizelge. 3. Öğrencilerin atomun büyüklüğü ve bilinen bir şeyle karşılaştırılması konusundaki soruya verdikleri cevapların öğrenim öncesi ve öğrenim sonrası sıklık ve yüzde dağılımları

| Açıklamalar | Öğr. Öncesi | | Öğr. Sonrası | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | f | % (n=217) | f | % (n=215) |
| Görülemez kadar küçüktür | 12 | 5,5 | 87 | 40,5 |
| Çok küçüktür | 46 | 21,2 | 37 | 17,2 |
| Maddenin en küçük halidir | 13 | 6,0 | 4 | 1,9 |
| Teknolojik cihazlarla görülebilecek kadar küçüktür | 10 | 4,6 | 7 | 3,3 |
| Maddenin en küçük yapıtaşıdır | 10 | 4,6 | 3 | 1,4 |
| Maddeden maddeye değişir | 8 | 3,7 | 3 | 1,4 |
| Atom eğer bir toplu iğne başı kadar olsaydı, bir damla su Marmara Denizi kadar olurdu | - | 0,0 | 5 | 2,3 |
| Boyut – III (mercimek, boncuk, karınca..) | 42 | 19,4 | 47 | 21,9 |
| Boyut – IV (mikrop, virüs, hücre..) | 28 | 12,9 | 35 | 16,3 |
| Boyut – II (bilye, misket, bezelye..) | 33 | 15,2 | 12 | 5,6 |
| Boyut – I (top, küçük top, portakal..) | 22 | 10,1 | 15 | 7,0 |
| Kıyaslanamaz | 14 | 6,5 | 29 | 13,5 |
| Diğer | 1 | 0,5 | 7 | 3,3 |
| Cevapsız | 16 | 7,4 | 22 | 10,2 |
| Toplam | 255 | | 313 | |



Grafik 4. Öğrencilerin atomun büyüklüğü ve bilinen bir şeyle karşılaştırılması konusundaki soruya verdikleri cevapların öğrenim öncesi ve öğrenim sonrası sıklık ve yüzde dağılımlarının grafiksel gösterimi

Öğrenim öncesinde 10, öğrenim sonrasında ise 7 öğrenci atomun mikroskop, elektromikroskop, ya da teleskop gibi teknolojik cihazlarla görülebilecek büyüklükte olduğunu belirtmiştir. “*Atom mikroskopla görülebilir*” (Griffiths ve Preston, 1992; Harrison ve Treagust, 1996; Nakhleh ve Samarapungavan, 1999; Bektaş, 2003; Nakhleh ve diğer., 2005; Tezcan ve Salmaz, 2005) ve “*Atom elektro mikroskopla görülebilir*” kavram yanlışlarına alan yazında da rastlanırken (Bektaş, 2003), “*Atom teleskopla görülebilir*” kavram yanlışısına rastlanmamıştır. Öğrenim öncesinde bu cevabı veren öğrencinin, öğrenim sonrasında ise atomun görülemeyeceği cevabı verdiği ve atomun boyutu ile ilgili sahip olduğu şemayı yenisi ile değiştirerek düzenlediği gözlenmiştir. 7. sınıf ders kitabında atomun günümüzde kullanılan en gelişmiş mikroskoplarla bile görülememesinin ifade edilmesine karşın (MEB., 2008a: s. 153) öğrenim öncesinde gözle görülemez cevabını veren bir öğrenci öğrenim sonrasında “*Süper mikroskopla görülebilir*” cevabı vermiştir. Bir öğrenci ise öğrenim öncesinde “*Atomlar çok küçüktür ancak mikroskopun en gelişmiş merceğiyle görülebilir*” cevabını verirken, öğrenim sonrasında “*gözle veya teknolojik cihazlarla görülemez*” cevabını vermiştir. Bir öğrencinin öğrenim öncesinde, bir öğrencinin ise öğrenim sonrasında sahip oldukları kavram yanlışlarına benzer şekilde, Harrison ve Treagust (1996) da çalışmalarında “*birçok öğrencinin güçlü bir mikroskop kullanılarak atomun görülebileceği*”ne inandıkları görülmektedir.

Öğrenim öncesinde 10, öğrenim sonrasında ise 3 öğrenci “*Atom maddenin en küçük yapıtaşıdır*” ifadesini kullanmışlardır. 6. sınıf ders kitabında maddenin taneciklerden oluştuğu fikri açıklandıktan sonra “Tarih Boyunca Atom Fikrinde Değişmeler” başlığı altında, maddeleri oluşturan bu taneciklere Democritos’un “bölünemez” anlamına gelen atom (atomos) adını verdiğinden ve Dalton’un da atom modelinde, atomu “küreye benzer bölünemeyen tanecikler” olarak ifade ettiğinden bahsedilmiştir. Ardından, yapılan çalışmalarla atomun bölünemez olduğu fikrinin yıkıldığı ve atomun daha da küçük parçacıklardan meydana geldiğinin anlaşıldığı belirtilmiştir (MEB., 2008b: s. 92, 93). 7. sınıf ders kitabında geçmiyor olsa da, 7. sınıf öğrenci çalışma kitabındaki performans görevinde, verilen bileşikler oluşturan en küçük yapıların atom olduğu belirtilmiştir (MEB., 2008c: s. 80, 81). Ayrıca 7. sınıf öğretmen kitabında ünitenin başında “Öğrenciler neredeler, nereye gelecekler?” başlığı altında, 6. sınıfta öğrencilerin maddeleri oluşturan en küçük biriminin atom veya molekül olduğunu öğrenmiş oldukları belirtilmektedir (MEB., 2008d: s. 132). Ders kitabı ve öğretim programında bile öğrencileri çelişkiye düşürecek şekilde henüz var olan “*Atomun maddenin en küçük yapıtaşı olduğu*” bilgisi, öğrencilerde “*atomun parçalanamaz olduğu*” düşüncesine yol açabilecek ve bu sebeple öğrenci atomun yapısını ve bileşenlerini gördüğünde dengesizlik yaşamasına neden olabilecek olan bir kavram yanlışısıdır (Bak ve Ayas, 2008).

Bir öğrenci öğrenim öncesinde “*..bazıları gözle görülmez*” cevabı vermiştir. Öğrencinin bazı atomların gözle görülebileceği, bazılarının ise görülemeyeceği şeklinde kavram yanlışısına sahip olduğu görülmektedir. Ancak öğrenci öğrenim sonrasında atomun boyutu ile ilgili cevap vermediğinden ötürü öğrenim sonunda bu yanlışısının devam edip etmediği bilinmemektedir.

Mercimek, boncuk, karınca gibi çok küçük ancak gözle görülebilecek büyüklükteki nesnelerin dâhil olduğu Boyut-III, öğrenim öncesinde de öğrenim sonrasında da yaklaşık olarak her 5 öğrenciden 1’i tarafından belirtilerek, öğrencilerin atomu en çok kıyasladıkları nesneler olmuşlardır.

Öğrenim öncesinde öğrencilerin ikinci olarak tercih ettikleri nesneler %15,2’lik yüzdeyle Boyut-II’de değerlendirilen, bilye, misket, bezelye gibi gözle görülebilen küçük nesnelerdir. Öğrenim sonrasında ise bu boyuttaki nesneleri tercih eden öğrenci sayısında azalma gerçekleşmiş ve bu boyutun sıklık yüzdesi %5,6 olarak hesaplanmıştır, başka bir ifadeyle öğrenim öncesinde yaklaşık olarak her 20 öğrenciden 3’ü, öğrenim sonrasında ise her 20 öğrenciden 1’i bu boyuttaki nesneleri tercih etmiştir.

Mikrop, virüs, hücre gibi gözle görülemeyen, ancak mikroskop yardımıyla görülebilecek kadar küçük nesnelerin dâhil edildiği Boyut-IV, öğrenim öncesinde her 25 öğrenciden 3’ü tarafından tercih edilmiş ve öğrenim öncesinde öğrencilerin en çok tercih ettikleri üçüncü nesne grubu olmuştur. Öğrenim sonrasında ise her 25 öğrenciden 4’ü tarafından tercih edilerek öğrenim sonrasında öğrencilerin atomu en çok kıyasladıkları ikinci nesne grubu olmuştur. Öğrencilerin atomu mikroplarla boyut olarak bir tutması Nakhleh ve Samarapungavan (1999)’ın çalışmalarında da ortaya konulmuştur.

Öğrenim öncesinde atomun boyutu ile ilgili yorum yapmayan ancak atomu *nokta* ve *mikropla* kıyaslayan bir öğrenci, öğrenim sonrasında “*Gözle göremeyeceğimiz kadar küçük ve sadece mikroskop yardımıyla görebileceğimiz canlılardır*” cevabı vermiştir. Öğrencinin atomun boyutunu zihninde tam olarak hayal edemediği ve ayrıca atomun canlı olduğunu düşündüğü görülmektedir. Öğrenci her ne kadar öğrenim sonrasında atomu mikropla karşılaştırılmış ya da öğrenim öncesinde atomun mikroskopla görebileceğini belirtmemiş olsa da, öğrencinin ifadelerinden öğrenim öncesi atomun boyutu ile ilgili sahip olduğu zihinsel modelin, öğretim esnasında yanlış olduğunu yeteri kadar fark edememiş olmasından ya da atomun gerçek boyutunu tam olarak hayal edememiş olmasından dolayı, öğrencinin sahip olduğu zihinsel modelini koruduğu düşünülmektedir.

Öğrenim öncesi ve öğrenim sonrasında 1’er öğrenci atomun parçalanamayacağını belirtmiştir. Öğrenim öncesinde bu cevabı veren öğrenci, 6. sınıf ders kitabında atomun bölünemez olduğu fikrinin yıkıldığı ve daha küçük parçacıklardan oluştuğunun anlaşıldığı belirtilse de, atom modellerine değinilmediğinden dolayı bu düşünceye sahip olabileceği düşünülmektedir. Ancak öğrenim sonrasında, tüm atom modellerini, atomun yapısını ve atomu oluşturan yapı parçacıklarını görmüş olmalarına karşın öğrencinin bu cevabı vermesi, atom ile ilgili istendik bir zihinsel model oluşturamadığını göstermektedir.

Albanese ve Vicentini (1997)’nin çalışmalarında örneklemin %80’inin atomu renkli ifade ettiği görülmüştür. Bu çalışmada ise öğrenim öncesinde 3 öğrenci atomun renkli olduğunu belirtmiştir. Bu yanılı Ben-Zvi ve diğer. (1988)’nin “*Atom kendisini oluşturan maddenin makroskopik özelliklerine sahiptir*” bulgusuyla da paralellik göstermektedir. Ders kitaplarında her bir madde ya da elementin atom taneciklerinin farklı renkte gösterimi (MEB, 2008a; 2008b), öğrencileri “*farklı maddelerin atomlarının rengi de farklıdır*” düşüncesine yöneltebilecek niteliktedir.

Griffiths ve Preston (1992) ile Tezcan ve Salmaz (2005)’in çalışmalarındaki “*atom katı bir küreye benzer*” kavram yanılısına paralel bir şekilde, öğrenim sonrasında 5 öğrenci “*atomun içinin dolu olduğu*”nu belirtmiştir. Bu ifadeyi özellikle de öğrenim sonrasında 5 öğrencinin kullanmış olması dikkat çekicidir. İfade, öğrencilerin atomu hala Top Modeli olarak düşündüklerini ya da zihinlerinde tam olarak atomu canlandıramadıklarını ve dengesizlik yaşadıklarını göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Öğrencilerin zihinlerindeki atom modellerini çizmelerinin istendiği soruda, öğrencilerin yarısından fazlasının öğrenim öncesi atomu berk küreler şeklinde düşündüğü ve öğrenim sonrası ise zihinlerinde yapılan atom modelinin, günümüzde geçerli olan Modern Atom Teorisi yerine, Bohr Atom Modeli olduğu görülmüştür. Yine öğrencilerin çizdikleri atom modellerini açıklarken kullandıkları ifadelerle bakıldığında, öğrenim öncesi cevap vermeyen ya da daha çok atomun nitelikleriyle ilgili ifadeler kullanan öğrencilerin, sürecin sonunda atomun yapı birimlerini belirterek daha bilimsel cevaplar verdikleri gözlenmiştir.

Öğrencilerin atomla ilgili zihinsel modellerini yapılandırlarken atomu günlük hayatlarından hangi nesneye benzettiklerinin araştırıldığı soruda, öğrenim öncesinde de öğrenim sonrasında da çeşitli yuvarlak nesnelere benzettikleri görülmüştür. Bu yuvarlak şekle sahip nesneler arasında, öğrenim öncesinde de öğrenim sonrasında da en çok tercih edilen nesne “top”, ikinci olarak tercih edilen ise “küçük yuvarlak cisimler” olduğu görülmektedir.

Öğrencilerin atomun boyutu ile ilgili düşüncelerinin araştırıldığı soruda, öğrenim öncesi öğrencilerin küçük bir kısmı *atomun çıplak gözle ve teknolojik cihazlarla görülemeyeceği* bilgisine sahipken, öğrenim sonrası ise yarıya yakını bu cevabı vermiştir. Öğrencilerin öğrenim sonrası cevaplarının çeşitliliğinde öğrenim sonrasına göre azalma gözlenmiştir. Öğrenim öncesi genellikle sezgisel inanışlardan oluşan cevapların öğrenim sonrası yerini daha bilimsel cevaplara bıraktığı görülmektedir. Öğrenim öncesi sahip oldukları kavram yanlışlarının bir kısmının sürecin sonunda hâlâ devam ettiği görülmüştür. Ders kitabında tespit edilen bazı ifade ve modellerin öğrencileri kavram yanlışına itecek nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Öğrencilere ders kitabında modelin kısaca tanımını vermek yerine, en etkili öğrenmenin sağlanacağı yaparak yaşayarak öğrenme temel alınarak, modelin ne olduğu, statik mi yoksa geliştirilebilir mi olduğu gibi bir takım özelliklerinin, hiç olmazsa basit etkinlikler tasarlanarak, öğrenci seviyelerine uygun şekilde ders kitaplarına konulmasının yerinde olacağı düşünülmektedir.

7. sınıf ders kitabında Modern Atom Teorisinin de “Atom Modelinin Serüveni” başlığı altında verilmesi ve bu modelin günümüzde geçerli olan model olduğu ancak öğrencilerin seviyeleri için uygun bir model olmadığı ve o modelin de ileriki yıllarda daha detaylı bir şekilde anlatılacağı belirtilmesi yerinde olacaktır.

Analojik modellerin kavram yanlışlarına neden olabilecek doğası göz önünde bulundurularak, derslerde kullanılmak üzere analogik modellere ek olarak, animasyonlar ve simülasyonlar geliştirilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu animasyon ve simülasyonların çocukların anlayacakları şekilde, bilişsel seviyelerine uygun ve güncel olmasına dikkat edilmelidir. Böylece, öğrencilerin soyut olguları zihinlerinde canlandırabilmeleri daha da kolaylaşacaktır.

Öğrencilerin atomla ilgili zihinsel modellerinin gelişim süreçleri, boylamsal bir çalışma yapılarak aynı örneklem grubu 6., 7. ve 8. sınıflarda iken incelenebilir. Ya da enlemesine bir çalışma ile 6., 7. ve 8. sınıflardan eşdeğer oldukları varsayılan örneklemeler seçilip çalışma daha kısa sürede tamamlanabilir. Yine aynı konu, daha küçük örneklemelerle çeşitli veri toplama araçları kullanılarak bir durum çalışması ile ya da araştırmacının öğretmen olduğu sınıflarda aksiyon araştırması ile derinlemesine araştırılabilir.

Kaynakça

- Adbo, K. ve Taber, K. S. (2009). Learners’ Mental Models of the Particular Nature of the Matter: A Study of 16-Year-Old Swedish Science Students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757-786.
- Albanese, A. ve Vicentini, M. (1997). Why Do We Believe that an Atom is Colourless? Reflections about the Teaching of the Particle Model”. *Science & Education*, 6, 251-261.
- Andersson, B. (1990). Pupils’ conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Bak, Z. ve Ayas, A. (2008). Kimya Öğrencilerinin Atom Kavramını Anlama Düzeylerinin Kavram Haritası Yöntemiyle., 8. Uluslararası Eğitim Teknolojileri Konferansı (EICT 2008), Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Barquero, B. (1995) La representacion de estados mentales en la comprension de textos desde el enfoque teorico de los modelos mentales. Tesis doctoral (Universidad Autonoma de Madrid: Madrid).
- Bektaş, O. (2003). “Maddenin Tanecikli Yapısı ile İlgili Lise 1. Sınıf Öğrencilerinin Yanlış Kavramları, Nedenleri ve Giderilmesi”, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. ve Silberstein, J. (1988). Theories, Principles and Laws. *Education in Chemistry*, May, 89-92.
- Charlet-Brehelin, D. (1998). Contribution à l’enseignement - apprentissage du concept d’atome au collège, Thèse, Université Montpellier II.

- Cros, D., Fayol, M., Maurin, M., Chastrette, M., Amouroux, R. ve Leber, J. (1984). Atome, acides-bases, équilibre, quelles idées s'en font les étudiants arrivant à l'université. *Revue Française de Pédagogie*, 68, 49-60.
- Cros, D., Maurin, M., Amouroux, R., Chastrette, M., Leber, J. ve Fayol, M. (1986). Conceptions of first-year university students of the constituents of matter and the nations of acids and bases. *European Journal of Science Education*, 8(3), 305-313.
- Chittleborough, G. ve Treagust, D. F. (2007). The Modelling Ability of Non-major Chemistry Students and Their Understanding of the Sub-microscopic. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 274-292.
- Cokelez, A. ve Dumon, A. (2005). Atom and Molecule: Upper Secondary School French Students' Representations in Long-term Memory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6, 3, 119-135.
- Çepni, S. (2007). Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş, 3. Baskı, Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- De Vos, W. ve Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(6), 657-664.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.
- Gilbert, J.K., Boulter, C.J. ve Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J.K. Gilbert & C.J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3-18). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. ve Rutherford, M. (1998). Models in Explanations, Part 1: Horses for Courses?. *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Greca, I. M. ve Moreira, M. A. (2000). Mental Models, Conceptual Models, and Modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Griffiths, A. K. ve Preston, K. R. (1992). Grade-12 Students' Misconceptions Relating Fundamental Characteristics of Atom and Molecules. *Journal of Research in Science Education*, 29(6), 611-628.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. ve Smith, C. L. (1991). Understanding Models and Their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Güneş, B., Bağcı, N. ve Gülçiçek, Ç. (2004a). Fen Bilimlerinde Kullanılan Modellerle İlgili Öğretmen Görüşlerinin Tespit Edilmesi. *Abant İzzet Baysal eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(7), 1-14.
- Güneş, B., Gülçiçek, Ç. ve Bağcı, N. (2004b). Eğitim fakültelerindeki fen ve matematik öğretim elemanlarının model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 1(1), 35-48.
- Harrison, A. G. (2001). How Do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students?. *Research in Science Education*, 31, 401-435.
- Harrison, A. G. ve Treagust, D. F. (1996). Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Johnson, P. (1998a). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20, 4, 393-412.
- Johnston, K. (1988). Learning and teaching about the particulate theory of matter : A report on a teaching scheme in action , in *Learning Difficulties in Chemistry*, Proceeding of a Bi-National U.K.- Israel seminar, pp. 55-79.
- Keig, F. P. ve Rubba, A. P. (1993). Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 883-903.
- Lee, O., Eichinger, C. D., Anderson, W.C., Berkheimer, D. G. ve Blakeslee, D. T. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.
- Matthews, M. R. (2007). Models in Science Education: An Introduction. *Science & Education*, 16, 647-652.

- MEB, 2006. İlköğretim Fen ve Teknoloji Dersi (6, 7 ve 8. sınıflar) Öğretim Programı, Ankara: Devlet Kitapları.
- MEB. 2008a. İlköğretim Fen ve Teknoloji 7 Ders Kitabı, 2. Baskı, Ankara: İmpress Baskı.
- MEB. 2008b. İlköğretim Fen ve Teknoloji 6 Ders Kitabı, 4. Baskı, Ankara: Ada Matbaacılık.
- MEB. 2008c. İlköğretim Fen ve Teknoloji 7 Öğrenci Çalışma Kitabı, 2. Baskı, Ankara: İmpress Baskı.
- MEB. 2008d. İlköğretim Fen ve Teknoloji 7 Öğretmen Kılavuz Kitabı, 2. Baskı, Ankara: İmpress Baskı.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why Some Students Don't Learn Chemistry?. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196.
- Nakhleh, M. B. ve Samarapungavan, A. (1999). Elementary School Children's Beliefs About Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A. ve Sağlam, Y. (2005). Middle School Students' Beliefs About Matter. *Journal of Research in Science Education*, 42(5), 581-612.
- Nakiboğlu, C., Karakoç, Ö. ve Benlikaya, R. (2002). Öğretmen Adaylarının Atomun Yapısı ile İlgili Zihinsel Modelleri. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(4), 88-98.
- Osborne, R. ve Freyberg, P. (1985). Learning in science: The implications of children's science. Auckland: Heineman.
- Pereira, M. P. ve Pestana, M. E. M. (1991). Pupils' representations of models of water. *International Journal of Science Education*, 13(3), 313-319.
- Tezcan, H. ve Salmaz, Ç. (2005). Atomun Yapısının Kavratılmasında ve Yanlış Kavramaların Giderilmesinde Bütünleştirici ve Geleneksel Öğretim Yöntemlerinin Etkileri. *GÜ Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(1), 41-54.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. ve Mamiala, T. L. (2002). Students' Understanding of the Role of Scientific Models in Learning Science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.
- Unal, R. ve Zollman, D. (1999). "Students' Description of an Atom: A Phenomenographic Analysis", <http://perg.phys.ksu.edu/papers/vqm/AtomModels.PDF>, (26.10.2011 tarihinde incelendi).
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, 6. Baskı, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, H. T. (2006). İlköğretim ve Ortaöğretim Öğrencilerinin Atomun Yapısı ile İlgili Zihinsel Modelleri. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi.
- Yürümezoğlu, K. ve Çökelez, A. (2010). Akım geçiren basit bir elektrik devresinde neler olduğu konusunda öğrenci görüşleri. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7, 3, 147-166.